

Cara uji triaksial untuk tanah kohesif dalam keadaan tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU)



© BSN 2015

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

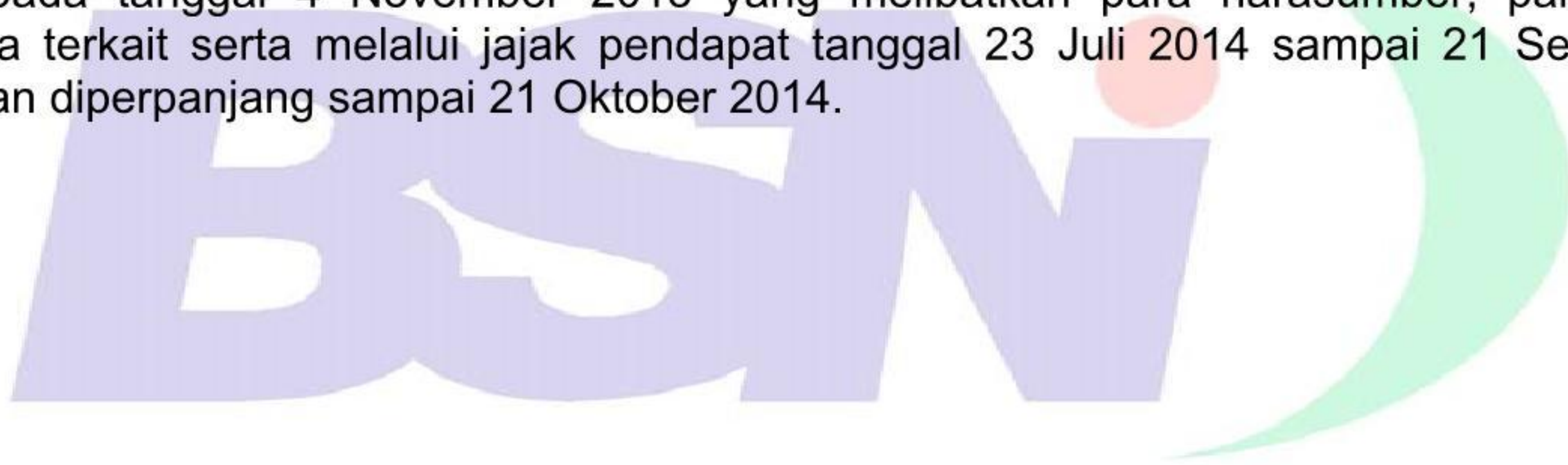
Daftar isi.....	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Persyaratan peralatan dan pengujian.....	2
5 Pengujian.....	4
6 Pencatatan data.....	7
7 Perhitungan	7
8 Laporan hasil uji.....	8
Lampiran A Bagian alir cara uji triaksial (normatif)	10
Lampiran B Contoh formulir dan hasil pengujian triaksial (informatif)	11
Lampiran C Gambar sel triaksial dan skema tata letak peralatan (informatif)	16
Bibliografi	20
Gambar B.1 - Contoh formulir dan hasil pengujian.....	11
Gambar B.2 - Contoh formulir dan hasil pengujian.....	12
Gambar C.1 - Contoh sel triaksial.....	16
Gambar C.2 - Konfigurasi peralatan triaksial tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU).....	17
Gambar C.3 - Skema pengukuran modulus dari karet/membran	18
Tabel B.1 - Contoh hasil pengujian triaksial UU	13
Tabel B.2 - Contoh hasil pengujian triaksial UU	14
Tabel B.3 - Contoh hasil pengujian triaksial UU	15

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang “Cara uji triaksial untuk tanah kohesif dalam keadaan tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU)” ini merupakan hasil revisi dari SNI 03-4813-1998, Metode pengujian triaksial untuk tanah kohesif dalam keadaan tanpa konsolidasi dan drainase, dan mengacu pada ASTM D2850-87, *Standard method for unconsolidated undrained compressive strength of cohesive soil in triaksial compression*. Perubahan yang mendasar dalam standar ini adalah cara penulisan yang sesuai dengan Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007, perhitungan koreksi karet membran, penambahan bagan alir, dan penambahan gambar.

Standar ini memberikan ketentuan pengujian kekuatan contoh uji berbentuk silinder dalam keadaan tanpa konsolidasi dan drainase dari tanah kohesif baik tidak terganggu, cetak ulang maupun yang dipadatkan pada kecepatan deformasi yang tetap dari beban kompresi dimana benda uji tersebut diberi tekanan cairan semua arah di dalam sel triaksial.

Standar ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Sub Komite Teknis 91-01-S1 Sumber Daya Air melalui Gugus Kerja Balai Bangunan Hidraulik dan Geoteknik Keairan. Standar ini telah dibahas dalam forum rapat konsensus yang diselenggarakan pada tahun 2002 di Bandung, dan dikonsensuskan ulang pada tanggal 4 November 2013 yang melibatkan para narasumber, pakar, dan lembaga terkait serta melalui jajak pendapat tanggal 23 Juli 2014 sampai 21 September 2014 dan diperpanjang sampai 21 Oktober 2014.



Pendahuluan

Salah satu parameter tanah yang menentukan dalam analisis stabilitas lereng dalam desain tanah timbunan adalah kuat geser tanah. Salah satu cara untuk memperoleh parameter tersebut adalah dengan pengujian laboratorium menggunakan peralatan triaksial. Pengujian triaksial tersebut terdiri atas tiga jenis pengujian, yaitu uji triaksial tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU) yang disebut kuat geser tegangan total, uji triaksial terkonsolidasi tidak terdrainase dengan pengukuran tekanan air pori dan uji triaksial terkonsolidasi terdrainase (tekanan air pori dalam kondisi tetap nol) yang hasilnya disebut sebagai kuat geser tegangan efektif. Standar ini hanya membahas prosedur pengujian triaksial untuk tanah kohesif dalam keadaan tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase.

Standar ini menguraikan sistem peralatan triaksial yang terdiri atas sel triaksial, peralatan pembebanan aksial, peralatan pengontrol tekanan dan peralatan ukur yang terdiri atas alat ukur tekanan sel, alat ukur perubahan volume, alat ukur deformasi contoh, bahan serta persyaratannya; petunjuk pengoperasian alat dan metode uji; perhitungan dan pelaporan hasil uji geser triaksial tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU) untuk contoh tanah kohesif.

Standar ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan bagi laboran dalam uji geser triaksial tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase untuk tanah berkohesi dan untuk memperoleh kekuatan geser total serta hubungan antara tegangan dengan regangan contoh tanah tak terganggu atau contoh tanah terganggu, digeser dengan kandungan air di dalam contoh uji tidak diperbolehkan keluar dengan beban aksial dan kecepatan gerak yang tetap.

Cara uji triaksial untuk tanah kohesif dalam keadaan tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU)

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan cara uji triaksial untuk tanah kohesif dalam keadaan tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU) dengan diberi tekanan cairan ke semua arah di dalam sel triaksial, yang selama pengujian air tidak diperbolehkan mengalir ke atau dari contoh uji.

Standar ini menguraikan prinsip contoh uji yang menggunakan sel triaksial sebagai berikut:

- a) pengukuran tegangan-tegangan total yang merujuk penjumlahan tegangan efektif dan tekanan air pori (dengan kecepatan regangan rendah);
- b) penentuan kuat geser serta hubungan antara tegangan dan regangan.

Standar ini tidak digunakan tekanan balik untuk penjenjangan.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan standar ini

SNI 1964:2008, *Cara uji berat jenis tanah.*

SNI 1965:2008, *Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan*

SNI 1966:2008, *Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah*

SNI 1967:2008, *Cara uji penentuan batas cair tanah*

SNI 1742:2008, *Cara uji kepadatan ringan untuk tanah.*

SNI 2812:2011, *Cara uji konsolidasi tanah satu dimensi.*

SNI 3423:2008, *Cara uji analisis ukuran butir tanah*

ASTM D 653, *Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids.*

ASTM D 2487, *Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes.*

ASTM D 2488, *Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure).*

ASTM D 4220, *Practice for Preserving and Transporting Soil Samples.*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang digunakan dalam standar ini sebagai berikut:

3.1

kondisi tanpa konsolidasi dan tanpa drainase

suatu kondisi yang contoh ujinya tidak dikonsolidasi terlebih dahulu dan air tidak diperbolehkan ke luar atau masuk ke dalam contoh uji selama pengujian

3.2

keruntuhan

suatu keadaan jika tegangan deviator maksimum telah tercapai atau keadaan jika tegangan deviator telah mencapai 15% regangan aksial, mana yang tercapai terlebih dahulu

3.3**kuat tekan**

tekanan total yang terjadi dalam pori-pori selama pembebanan, dalam hal ini air tidak diperbolehkan mengalir dari atau ke contoh uji sehingga tekanan air pori dan juga tekanan yang dihasilkan berbeda dengan keadaan apabila air diperbolehkan mengalir keluar atau masuk ke dalam benda uji

3.4**uji triaksial**

pengujian dari benda uji berbentuk silinder yang dibungkus karet kedap air dan diberi tekanan ke semua arah, kemudian diberi tekanan aksial sampai terjadi keruntuhan

3.5**perbedaan tegangan utama/tegangan deviator**

perbedaan antara tegangan utama major dan tegangan utama minor, tegangan deviator ini sama dengan beban aksial yang diberikan pada contoh uji dibagi dengan luas penampang yang telah dikoreksi dari contoh uji, tegangan major adalah sama dengan tekanan aksial dan tegangan minor adalah sama dengan tekanan sel

4 Persyaratan peralatan dan pengujian**4.1 Peralatan**

Rangkaian peralatan uji geser triaksial untuk melaksanakan uji geser tanpa konsolidasi dan tanpa drainase terdiri atas beberapa kelompok peralatan. Kelompok peralatan tersebut meliputi peralatan pembeban aksial, peralatan ukur, peralatan pengontrol tekanan, sel triaksial dan perlengkapannya, serta peralatan lain.

4.1.1 Peralatan pembeban aksial

Peralatan pembeban aksial terdiri atas :

- a) Peralatan pembeban aksial (mesin pembeban) berupa dongkrak sekrup yang digerakkan oleh:
 - 1) elektromotor dengan sistem roda gigi;
 - 2) pembebanan hidrolik atau pneumatik;
 - 3) alat pembeban lain dengan syarat:
 - (a) mempunyai kemampuan yang memadai dan dapat mengontrol kecepatan regangan yang disyaratkan;
 - (b) mempunyai kecepatan gerak vertikal dengan ketelitian $\pm 1,0\%$ dari kecepatan regangan yang telah ditentukan;
 - (c) mempunyai getaran mesin pada waktu pengujian harus cukup kecil untuk mencegah terjadinya perubahan dimensi contoh tanah, atau peningkatan tekanan pori bila katup drainase ditutup;
- b) Alat ukur aksial dapat berupa *proving ring*, sel beban elektronik, sel beban hidrolik atau alat ukur beban lain yang mempunyai kemampuan dan ketelitian yang cukup; dan dapat mengukur beban aksial dengan ketelitian $\pm 1\%$ hingga contoh tanah runtuh.
- c) Piston pembeban aksial:
 - 1) Piston dibuat menembus landasan bagian atas sel triaksial.
 - 2) Piston dilengkapi cincin karet agar gesekan yang terjadi sekecil mungkin atau tidak melampaui $0,1\%$ beban aksial pada saat contoh mengalami keruntuhan.
 - 3) Piston harus dijaga tetap sentris terhadap contoh dengan penyimpangan tidak lebih dari 1,3 mm.

4.1.2 Peralatan pengontrol tekanan

Peralatan pengontrol tekanan sel berupa:

- a) sistem pot merkuri atau;
- b) sistem regulator pneumatik atau;
- c) sistem kombinasi regulator tekanan pneumatik dan vakum atau;
- d) sistem pengontrol lain;
- e) dengan syarat mempunyai ketelitian $\pm 1\%$ dari tekanan yang diberikan.

4.1.3 Peralatan ukur

Peralatan meliputi alat-alat ukur berikut:

- a) alat ukur tekanan sel:
 - 1) harus mempunyai ketelitian ukur yang cukup seperti yang disyaratkan;
 - 2) berupa pipa U, manometer, transduser listrik atau alat ukur tekan lain;
 - 3) apabila digunakan 2 macam alat ukur tekanan, maka kalibrasinya harus dilakukan bersamaan;
- b) alat ukur deformasi:
 - 1) arloji ukur atau alat ukur elektronik (LVDT), atau alat ukur lain;
 - 2) ketelitian alat ukur $\pm 0,3\%$ dari tinggi contoh tanah semula;
 - 3) mempunyai jarak ukur minimal 20% dari tinggi contoh tanah semula;
- c) alat ukur panjang dan diameter contoh dengan ketelitian $\pm 0,1\%$ dari panjang yang diukur dan tanpa mengganggu contoh;
- d) alat pencatat waktu dan timbangan:
 - 1) untuk pencatatan data pembacaan digunakan arloji ukur waktu dengan ketelitian sampai detik;
 - 2) timbangan dengan ketelitian $\pm 0,05\%$ dari massa contoh yang ditimbang.

4.1.4 Sel triaksial dan perlengkapannya

Sel triaksial dan perlengkapannya (lihat Gambar C.1) meliputi:

- a) sel triaksial dengan ketentuan:
 - 1) sel dapat menahan tekanan sel maksimum yang diberikan;
 - 2) sel terdiri atas silinder, penutup bagian atas, dan landasan bagian bawah;
 - 3) silinder dianjurkan terbuat dari bahan tembus pandang, atau dilengkapi lubang pengamat yang tembus pandang agar perilaku contoh uji dapat diamati;
 - 4) penutup bagian atas dilengkapi dengan katup pengeluar udara dan katup pengisi oli;
 - 5) landasan bagian bawah dilengkapi dengan masing-masing 1 katup pengatur tekanan air sel konstan, pengatur tekanan balik untuk penjenruhan, pengatur untuk mengukur tekanan air pori, dan pengatur untuk mengisap udara yang terperangkap dalam contoh;
- b) tutup dan alas contoh tanah dengan ketentuan:
 - 1) harus didesain agar sistem pada kedua ujung contoh berjalan dengan baik dan lancar;
 - 2) terbuat dari bahan yang baku, tidak berkarat, kedap air, berbentuk bulat;
 - 3) berat tutup bagian atas harus kurang dari 0,5% dari beban aksial yang meruntuhkan contoh atau tidak boleh lebih dari 1 kN/m^2 ;
 - 4) diameter tutup dan alas harus sama dengan diameter contoh yang diuji;
 - 5) alas contoh tanah melekat langsung pada landasan bagian bawah untuk mencegah pergerakan horizontal;
- c) membran karet pembungkus benda uji:
 - 1) harus kedap air dan elastis;
 - 2) berdiameter 90% - 95% dari diameter contoh;
 - 3) mempunyai ketebalan $\pm 1\%$ dari diameter contoh.

4.1.5 Peralatan lain

Peralatan lain yang harus disiapkan agar contoh tanah dapat dicetak dan dipasang dengan baik adalah:

- alat pembentuk contoh yang dilengkapi dengan gergaji kawat dan pisau pemotong atau tabung pencetak contoh;
- alat pemadat contoh tanah yang dilengkapi dengan tabung belah dan penumbuk untuk contoh tanah terganggu;
- tabung pengembang membran karet;
- ekstruder untuk mengeluarkan contoh tanah dari tabung;
- kaleng contoh untuk uji kadar air.

4.2 Kalibrasi

Semua alat ukur harus dikalibrasi minimal 3 tahun sekali dan pada saat diperlukan.

4.3 Air

Air digunakan dalam sistem pengujian triaksial harus bersih, bebas dari kotoran dan suspensi lumpur (disarankan untuk menggunakan air suling yang bebas udara)

4.4 Petugas

Petugas dalam pengujian ini adalah laboran atau teknisi yang berpengalaman dalam pengujian triaksial, dan diawasi oleh ahli geoteknik.

5 Pengujian

5.1 Persiapan sebelum pengujian

5.1.1 Ukuran contoh

- Ukuran contoh uji minimal mempunyai diameter 35,8 mm, tinggi antara 2 sampai 2,5 kali diameter contoh, partikel terbesar yang terdapat di dalam contoh uji tidak boleh melebihi $\frac{1}{6}$ diameter contoh. Apabila setelah pengujian ditemui partikel yang melebihi, catat dan tulis di dalam laporan hasil.
- Contoh uji disiapkan minimal sebanyak tiga buah.

5.1.2 Contoh tak terganggu

- Keluarkan contoh tanah dari tabungnya dengan menggunakan alat pengeluar contoh tanah, dan bagi menjadi tiga bagian yang sama; tinggi contoh harus lebih sedikit dari tabung pencetak.

CATATAN apabila dijumpai partikel tanah $> \frac{1}{6}$ diameter benda uji, lakukan pengujian analisis pembagian butiran untuk konfirmasi hasil pengujian.

- Ukur tinggi dan diameter dalam dari tabung pencetak masing-masing pada 3 tempat yang berbeda dan rata-ratakan hasilnya guna menentukan volume.
- Olesi bagian dalam tabung pencetak contoh uji dengan minyak oli.

- d) Cetak contoh uji dengan menggunakan tabung pencetak yang ditusukkan pada contoh tanah yang telah dikeluarkan pada butir a); pembuatan contoh uji dapat juga dilakukan dengan menggunakan *trimming apparatus*, sebagai berikut.
 - 1) Letakkan contoh tanah pada *trimming apparatus* sedemikian rupa, sehingga contoh tanah terpegang dengan kuat.
 - 2) Sayat dan ratakan bagian samping contoh sedikit demi sedikit menggunakan kawat dengan cara memutar-mutar contoh sedemikian rupa sehingga diameter contoh mencapai diameter yang diinginkan atau sama dengan diameter plat pemegangnya.
 - 3) Keluarkan contoh dari *trimming apparatus* dan letakkan pada suatu tempat khusus untuk membuat supaya tinggi contoh dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan.
- e) Ratakan kedua ujung tabung pencetak dan keluarkan contoh uji dari dalam tabung.
- f) Timbang dan catat berat isi dari masing-masing contoh uji guna penentuan berat isi.
- g) Ambil sisa contoh tanah guna penentuan kadar air asli;

5.1.3 Contoh tanah terganggu yang dipadatkan

- a) Sediakan bahan contoh sesuai dengan kadar air dan berat isi yang diisyaratkan dan campur dengan air agar tercapai kadar air sesuai dengan spesifikasi, kemudian disimpan dalam kaleng tertutup atau plastik dan diamkan selama ± 16 jam.
- b) Padatkan bahan contoh dalam tabung belah dengan ketentuan:
 - 1) Bahan contoh yang akan dipadatkan dibagi minimal 6 lapisan dengan berat dan volume tertentu untuk setiap lapis.
 - 2) Contoh dipadatkan lapis demi lapis sehingga mencapai kepadatan yang diinginkan dengan menggunakan alat penumbuk (besi atau kayu).
 - 3) Bagian atas dari setiap lapis contoh harus diiris-iris sebelum dilanjutkan dengan lapis berikutnya.
 - 4) Alat penumbuk yang digunakan harus mempunyai luas $\leq \frac{1}{2}$ luas tabung yang digunakan.
 - 5) Contoh dikeluarkan dari tabung belah, lalu dipotong sesuai tinggi yang dibutuhkan.
 - 6) Contoh tersisa diuji kadar air dan berat volume butirnya lalu berat volumenya dihitung.

5.1.4 Contoh tanah yang dicetak

- a) Bentuk kembali contoh uji yang telah diuji dan masih berada di dalam karet dengan menggunakan tangan, sehingga kembali ke bentuk semula.
- b) Keluarkan udara yang terperangkap di antara contoh uji dan dinding karet dengan cara mengurut-ngurut karet.

5.2 Prosedur pengujian

- a) Periksa semua selang dan pipa yang menghubungkan bejana utama yang berisi air, pemberi tekanan sel, alat ukur tekanan dan ke atas triaksial terisi dengan air yang bebas udara.
- b) Periksa dan siapkan sistem pemberi tekanan sel.
- c) Periksa karet-karet pembungkus terhadap kemungkinan terjadinya kebocoran.
- d) Letakkan contoh uji pada alas tempat kedudukan contoh uji di dalam sel triaksial.

- e) Ambil karet pembungkus dan masukkan ke dalam tabung pengembang serta ikatkan kedua ujungnya pada tabung pengembang sehingga saat tabung dihisap, karet pembungkus melekat pada dinding dalam tabung.
- f) Dalam keadaan demikian, masukkan tabung pengembang tersebut ke dalam benda uji dengan hati-hati; masukkan penutup atas ke dalam karet, sehingga penutup duduk di atas contoh uji; lepaskan isapan pada tabung pengembang.
- g) Lepaskan bagian atas karet dari tabung pengembang dan keluarkan tabung pengembang dari benda uji.
- h) Ikat bagian-bagian alas tempat kedudukan contoh dan karet serta bagian atas pelat penutup dan karet dengan menggunakan karet pengikat berbentuk huruf 0; oleskan tipis-tipis dengan *grease* bagian vertikal dari alas dan tutup benda uji untuk memudahkan masuknya karet pembungkus.
- i) Letakkan sumbu piston dari sel triaksial tepat di tengah-tengah penutup atas contoh uji pada tempat kedudukan yang telah disediakan; tekanan yang terjadi pada permukaan benda uji akibat berat piston tidak boleh melebihi 0,5 % dari perkiraan kuat tekan maksimum benda uji; kencangkan mur atau baut pengikat sehingga sel triaksial terikat kuat dan rapat pada bagian bawah.
- j) Letakkan sel triaksial pada tempat yang telah disediakan pada mesin kompresi; naikan sel triaksial dengan memutar mesin dengan tangan sampai ujung atas piston duduk tepat pada tempat kedudukannya pada cincin pengukur beban (*proving ring*) dengan hati-hati;
- k) Isi sel triaksial dengan cairan dari bejana utama, pada saat sel hampir terisi penuh, miringkan posisi sel berlawanan arah dengan posisi lubang pengeluar udara (I) yang terdapat pada bagian tepi alas sel, setelah udara keluar seluruhnya, tutup lubang udara tersebut secepatnya.
- l) Beri tekanan semua arah dalam sel (σ_3) pada tekanan yang diinginkan dengan membuka keran E dan J, tunggu selama 10 menit untuk memberikan penyesuaian benda uji pada tekanan sel yang diberikan.
 Apabila alat pengukur beban berada di luar sel triaksial, tekanan sel akan menimbulkan reaksi pada alat ukur beban, pada kondisi ini lakukan pengujian dimana piston masih sedikit berada di atas penutup benda uji hal sebagai berikut:
 - 1) Ukur gesekan dan gaya ke atas piston yang akan dikoreksikan pada beban aksial nanti.
 - 2) Atur alat pengukur beban sedemikian rupa sehingga dapat mengkompensasikan gesekan gaya ke atas piston.
 Untuk alat pengukur beban yang berada di dalam sel, tidak usah dilakukan koreksi.
- m) Atur posisi arloji pengukur cincin pembeban dan deformasi aksial serta catat pembacaan awal.
- n) Pilih pengatur kecepatan mesin kompresi sesuai dengan kecepatan deformasi yang dikehendaki.
- o) Berikan pembebanan aksial pada kecepatan deformasi mendekati 1% per menit untuk tanah plastis dan 0,3% per menit untuk tanah yang mudah remuk (*brittle*) dimana tegangan deviator mencapai regangan antara 3% s.d. 6% pada waktu 15 menit s.d.20 menit, teruskan pembebanan sampai mencapai regangan 15 % atau pada 5 % regangan setelah tegangan deviator maksimum tercapai.
- p) Catat pembacaan arloji cincin pembeban dan deformasi aksial pada regangan 0,1%; 0,3%; 0,4% dan 0,5 %, kemudian penambahan pada setiap 0,5% sampai pada regangan 3% dan diteruskan pada setiap penambahan 1%; untuk memperoleh grafik hubungan tegangan deviator-regangan yang baik, interval pembacaan yang lebih kerap dapat dilakukan.
- q) Setelah pengujian selesai, ambil contoh uji, sketsa pola kelongsoran yang terjadi dan tentukan kadar air.

6 Pencatatan data

Data yang perlu dicatat pada formulir laporan hasil uji geser triaksial tanpa konsolidasi dan tanpa drainase (UU) terdiri atas:

- nama proyek, lokasi, tanggal dan waktu pengujian;
- nomor lubang bor/sumur uji, kedalaman, elevasi, jenis contoh (tidak terganggu, terganggu);
- parameter contoh sebelum pengujian seperti berat volume, kadar air, derajat kejenuhan, tinggi, diameter, luas dan volume contoh;
- diameter, tinggi, luas, volume, berat volume dan kadar air contoh setelah konsolidasi;
- tegangan deviator, tegangan utama maksimum dan minimum, regangan aksial saat terjadi keruntuhan dan kecepatan gerak vertikal (cm/menit);
- diagram hubungan antara waktu dan perubahan volume, diagram hubungan antara regangan dan tegangan deviator;
- diagram $p - q$ hasil pengujian;
- lingkaran *Mohr*, sudut geser dan kohesi pada tegangan total dan tegangan total;
- sketsa atau foto contoh yang mengalami penggeseran.

7 Perhitungan

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- perhitungan berat isi tanah basah (γ_n):

$$\gamma_n = \frac{\text{Berat contoh basah (gr)}}{\text{volume tanah (cm}^3\text{)}} \text{ [kPa]} \quad (1)$$

- Perhitungan regangan aksial:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

ϵ adalah regangan aksial (%)

ΔL adalah perubahan dari contoh tanah yang terbaca pada arloji pengukur (mm)

L_0 adalah panjang/tinggi awal contoh tanah (mm)

- Perhitungan luas penampang rata-rata contoh uji:

$$A = \frac{100A_0}{(100 - e)} \quad (3)$$

Keterangan:

A adalah luas penampang rata-rata contoh uji pada regangan tertentu (cm²)

A_0 adalah luas rata-rata sebelum diuji (cm²)

- Perhitungan tegangan deviator:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A} \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (4)$$

Keterangan:

$\sigma_1 - \sigma_3$ adalah tekanan deviator (kN/m²)

P adalah gaya aksial, diperoleh dari pembacaan cincin pembeban x faktor kalibrasi (kN)

A adalah luas rata-rata contoh uji (m²)

- e) Koreksi karet membran; koreksi terhadap tegangan deviator dilakukan bila perbedaan tegangan akibat kekakuan karet tersebut melebihi 5%:

$$\sigma_r = \frac{4Emt\epsilon}{D} \quad (5)$$

dan

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (6)$$

Keterangan:

- σ_r adalah koreksi terhadap tegangan deviator, (kN/m²)
 D adalah diameter benda uji, (mm)
 t adalah tebal karet, (mm)
 ϵ adalah regangan aksial, (%)
 Em adalah modulus perpanjangan per satuan lebar, (N/mm)

Modulus perpanjangan (Em) ditentukan dengan cara menggantung karet selebar 10,0 mm pada suatu batang tipis; pasang batang yang lain pada bagian bawah karet yang tergantung tersebut; ukur dan catat gaya per satuan regangan yang diperoleh akibat meregangnya karet; modulus perpanjangan diperoleh dari persamaan di bawah dengan menganggap bahwa satuan yang digunakan adalah konsisten.

$$Em = \frac{FL}{Am \Delta L} \quad (7)$$

Keterangan:

- F adalah gaya untuk mengembangkan karet, (N/mm)
 Am adalah dua kali tebal karet awal dikalikan dengan lebar strip karet, (mm)
 L adalah panjang karet sebelum mengembangkan, (mm)
 ΔL adalah perubahan panjang karet akibat gaya F, (mm)

CATATAN Harga tipikal Em karet lateks adalah 1400 kN/m²

Gambar lingkaran *Mohr* dari ketiga contoh uji dan tentukan nilai kuat geser *undrained* dimana tegangan geser sebagai sumbu Y dan tegangan normal sebagai sumbu X; alternatif lain untuk menentukan kuat geser tersebut adalah dengan cara diagram p-q,

yaitu dengan mengambil $p = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ sebagai sumbu X dan $q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ sebagai

sumbu Y, sudut geser dalam $\phi = \arcsin(\tan \alpha)$ dan kohesi $c = a/\cos \phi$, dimana a adalah jarak dari titik 0 ke awal garis lurus yang ditarik melalui ketiga titik hasil uji dan α adalah sudut kemiringan garis tersebut terhadap horizontal.

8 Laporan hasil uji

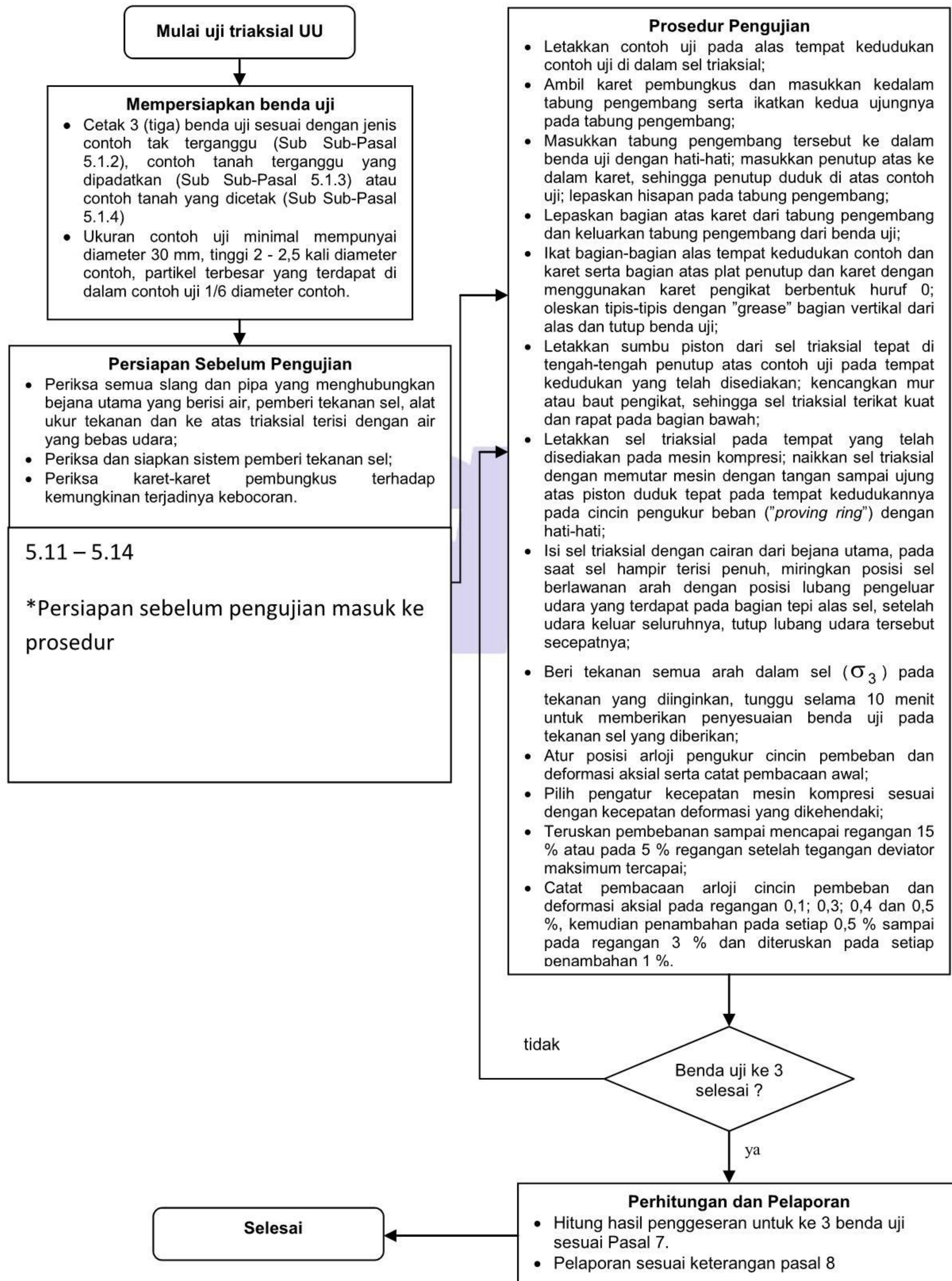
Hasil uji dilaporkan dalam bentuk formulir seperti contoh pada Lampiran B, dan mencantumkan hal-hal sebagai berikut :

- nama proyek;
- lokasi;
- nomor bor;
- kedalaman;
- jenis tanah;
- keadaan contoh uji : tak terganggu, buatan atau dipadatkan;

- g) ukuran contoh uji : tinggi, diameter, luas dan volume;
- h) kadar air, berat isi sebelum dan sesudah pengujian;
- i) jenis cincin pembeban dan faktor kalibrasinya;
- j) kecepatan deformasi yang digunakan;
- k) kuat geser "*undrained*" dari lingkaran *Mohr* atau diagram p-q
- l) grafik hubungan tegangan deviator dengan regangan;
- m) nama dan tanda tangan penguji, pemeriksa dan penanggung jawab pengujian.

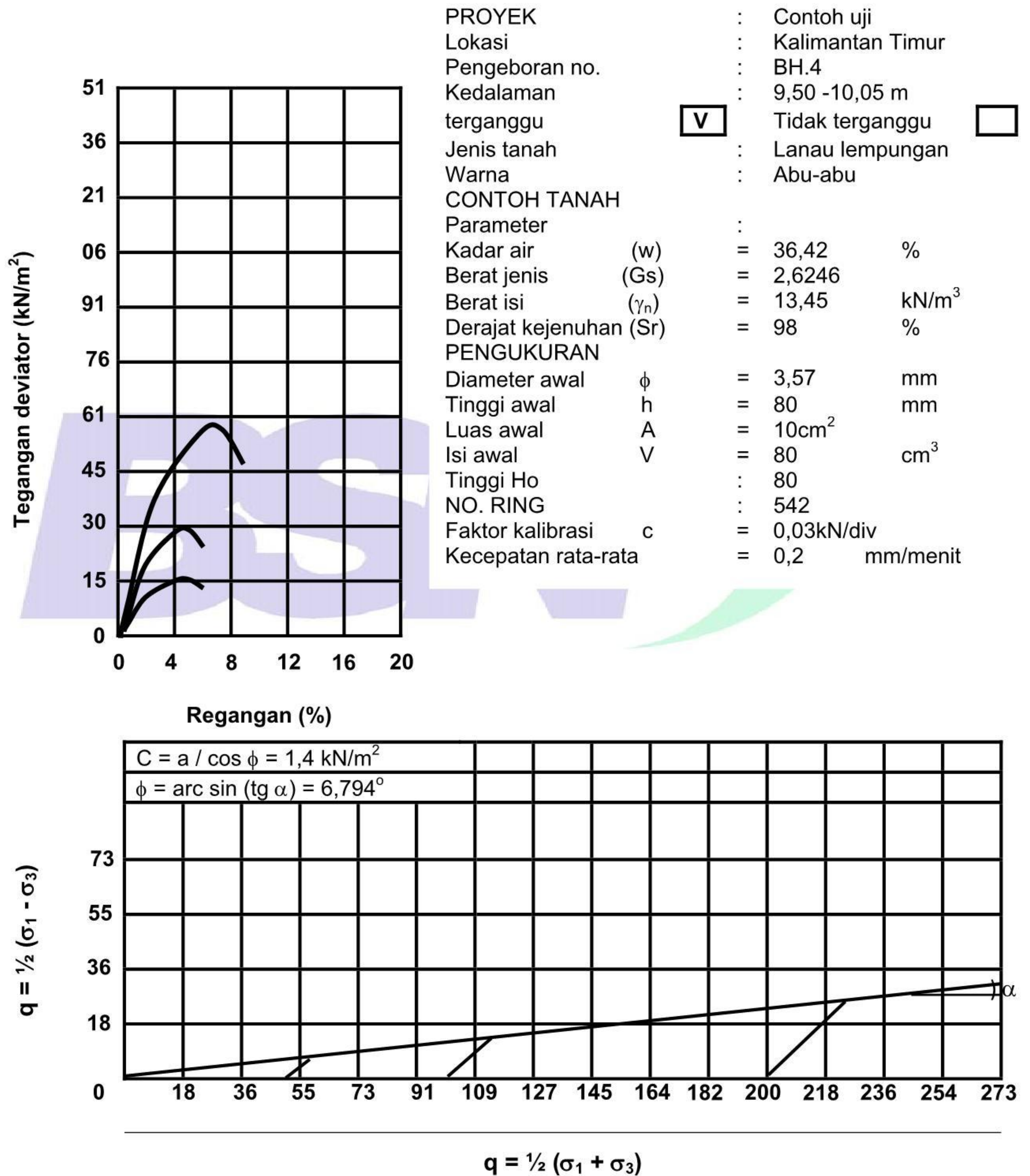


Lampiran A (normatif) Bagian alir cara uji triaksial



Lampiran B
(informatif)
Contoh formulir dan hasil pengujian triaksial

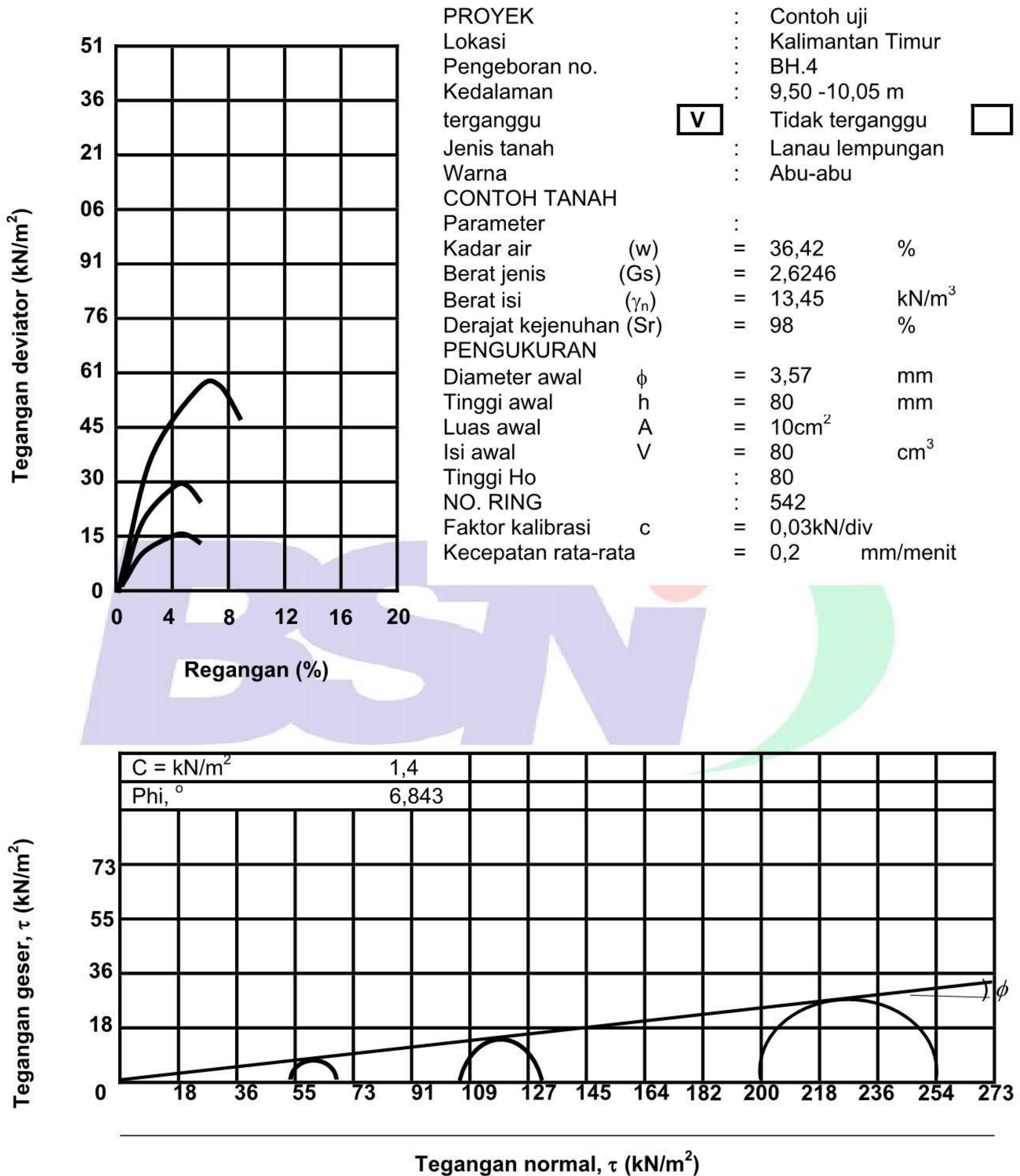
PENGUJIAN TRIAKSIAL UU



DIUJI OLEH :	Tanggal :	Lampiran no.
--------------	-----------	--------------

Gambar B.1 - Contoh formulir dan hasil pengujian

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU



DIUJI OLEH :

Tanggal :

Lampiran no.

Gambar B.2 - Contoh formulir dan hasil pengujian

Tabel B.1 - Contoh hasil pengujian triaksial UU

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU

Proyek	:	Contoh uji	Pemeriksa	:	
Lokasi	:	Kalimantan Timur	Kal. Cincin (c)	:	0,03 kN/div
Pengeboran no.	:	BH.4	Disp. Kalibrasi	:	1,000
Tanggal	:	Tahun 2004	Kec. Gerak Vert.	:	0,2 mm/menit
Contoh	:	Tak terganggu	Diam. Contoh (mm)	:	35,7
Kedalaman	:	9,50 – 10,05 m	Tinggi Ho (mm)	:	80
Jenis tanah	:	Lanau lempungan	Luas Ao (cm ²)	:	10
Warna	:	Abu-abu	Volume V (cm ³)	:	80

t	ΔH mm	Prov. ring	σ_3 kN/m ²	e (%)	A 10 ⁻⁴ m ²	p kN	$\sigma_1 - \sigma_3$ kN/m ²	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)/Ho	(6)= $\frac{A_o}{1-(5)}$	(7)=cx(3)	(8)=(7)/(6)	
10.06	0,00	0,0	50					
	0,20	14,8		0,25	10,03	0,444	44	
	0,40	26,4						
	0,60	35,0						
	0,80	39,0						
10.10	1,00	41,5		1,25	10,13	1,245	123	
	1,20	44,8						
	1,40	46,2						
	1,60	48,0						
	1,80	51,0						
10.15	2,00	52,8		2,50	10,26	1,584	154	
	2,20	54,0						
	2,40	55,0						
	2,60	56,5		3,25	10,34	1,695	164	
	2,80	57,0		3,50	10,37	1,710	165	
10.20	3,00	56,8		3,75	10,39	1,704	164	
	3,20	56,5						
	3,40	56,2						
	3,60	56,0						
	3,80	55,5						
10.24	4,00	55,2		5,00	10,53	1,656	157	

Catatan

Bo = 146,28 gr
 γ_n = 18,3 kN/m³
 Kao = 36,42 %

Tanda tangan pemeriksa:

Penanggung jawab :

Tabel B.2 - Contoh hasil pengujian triaksial UU

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU

Proyek	: Contoh uji	Pemeriksa	:	
Lokasi	: Kalimantan Timur	Kal. Cincin (c)	: 0,03	kN/div
Pengeboran no.	: BH.4	Disp. Kalibrasi	: 1,000	
Tanggal	: Tahun 2004	Kec. Gerak Vert.	: 0,2	mm/menit
Contoh	: Tak terganggu	Diam. Contoh (mm)	: 35,7	
Kedalaman	: 9,50 – 10,05 m	Tinggi Ho (mm)	: 80	
Jenis tanah	: Lanau lempungan	Luas Ao (cm ²)	: 10	
Warna	: Abu-abu	Volume V (cm ³)	: 80	

t	ΔH mm	Prov. ring	σ_3 kN/m ²	e (%)	A 10 ⁻⁴ m ²	p kN	$\sigma_1 - \sigma_3$ kN/m ²	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)/Ho	(6)= $\frac{A_o}{1-(5)}$	(7)=cx(3)	(8)=(7)/(6)	
10.29	0,00	0,0	100					
	0,20	28,5		0,25	10,03	0,855	85	
	0,40	43,6						
	0,60	55,0						
	0,80	61,0						
10.34	1,00	67,0		1,25	10,13	2,01	198	
	1,20	72,2						
	1,40	75,5						
	1,60	78,0						
	1,80	81,4						
10.38	2,00	84,0		2,50	10,26	2,52	246	
	2,20	89,8						
	2,40	90,0						
	2,60	92,5						
	2,80	96,0						
10.42	3,00	98,5		3,75	10,39	2,955	284	
	3,20	101,8						
	3,40	104,0						
	3,60	105,5						
	3,80	106,2						
10.46	4,00	107,0		4,75	10,50	3,186	303	
	4,20	106,8		5,00	10,53	3,21	305	
	4,4	106,5		5,25	10,56	3,204	303	
	4,6	106,2						
	4,8	106,0						

Catatan

Bo = 146,28 gr
 γ_n = 18,3 kN/m³
 Kao = 36,42 %

Tanda tangan pemeriksa:

Penanggung jawab :

Tabel B.3 - Contoh hasil pengujian triaksial UU

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU

Proyek	:	Contoh uji	Pemeriksa	:	
Lokasi	:	Kalimantan Timur	Kal. Cincin (c)	:	0,03 kN/div
Pengeboran no.	:	BH.4	Disp. Kalibrasi	:	1,000
Tanggal	:	Tahun 2004	Kec. Gerak Vert.	:	0,2 mm/menit
Contoh	:	Tak terganggu	Diam. Contoh (mm)	:	35,7
Kedalaman	:	9,50 – 10,05 m	Tinggi Ho (mm)	:	80
Jenis tanah	:	Lanau lempungan	Luas Ao (cm ²)	:	10
Warna	:	Abu-abu	Volume V (cm ³)	:	80

t	ΔH mm	Prov. ring	σ_3 kN/m ²	e (%)	A 10 ⁻⁴ m ²	p kN	$\sigma_1 - \sigma_3$ kN/m ²	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)/Ho	(6)= $\frac{A_o}{1-(5)}$	(7)=cx(3)	(8)=(7)/(6)	
10.58	0,00	0,0	200	0,25	10,03	0,816	81	
	0,20	27,2						
	0,40	48,0						
	0,60	64,0						
	0,80	80,8						
11.03	1,00	89,0		1,25	10,13	2,67	264	
	1,20	97,5						
	1,40	102,5						
	1,60	110,0						
	1,80	118,0						
11.08	2,00	125,5		2,50	10,26	3,765	367	
	2,20	131,0						
	2,40	138,0						
	2,60	145,5						
	2,80	152,0						
11.13	3,00	160,8		3,75	10,39	4,824	464	
	3,20	169,0						
	3,40	174,0						
	3,60	180,5						
	3,80	185,8						
11.18	4,00	189,4		5,00	10,53	5,682	540	
	4,20	193,5						
	4,4	196,5						
	4,6	198,0						
	4,8	200,5						
11.23	5,0	202,2		6,25	10,67	6,066	568	
	5,2	203,8		6,50	10,70	6,114	571	
	5,4	204,5		6,75	10,73	6,135	572	
	5,6	205,0		7,00	10,76	6,150	572	
	5,8	204,8		7,25	10,79	6,144	570	
11.27	6,0	204,4		7,50	10,82	6,132	567	
	6,2	204,0						

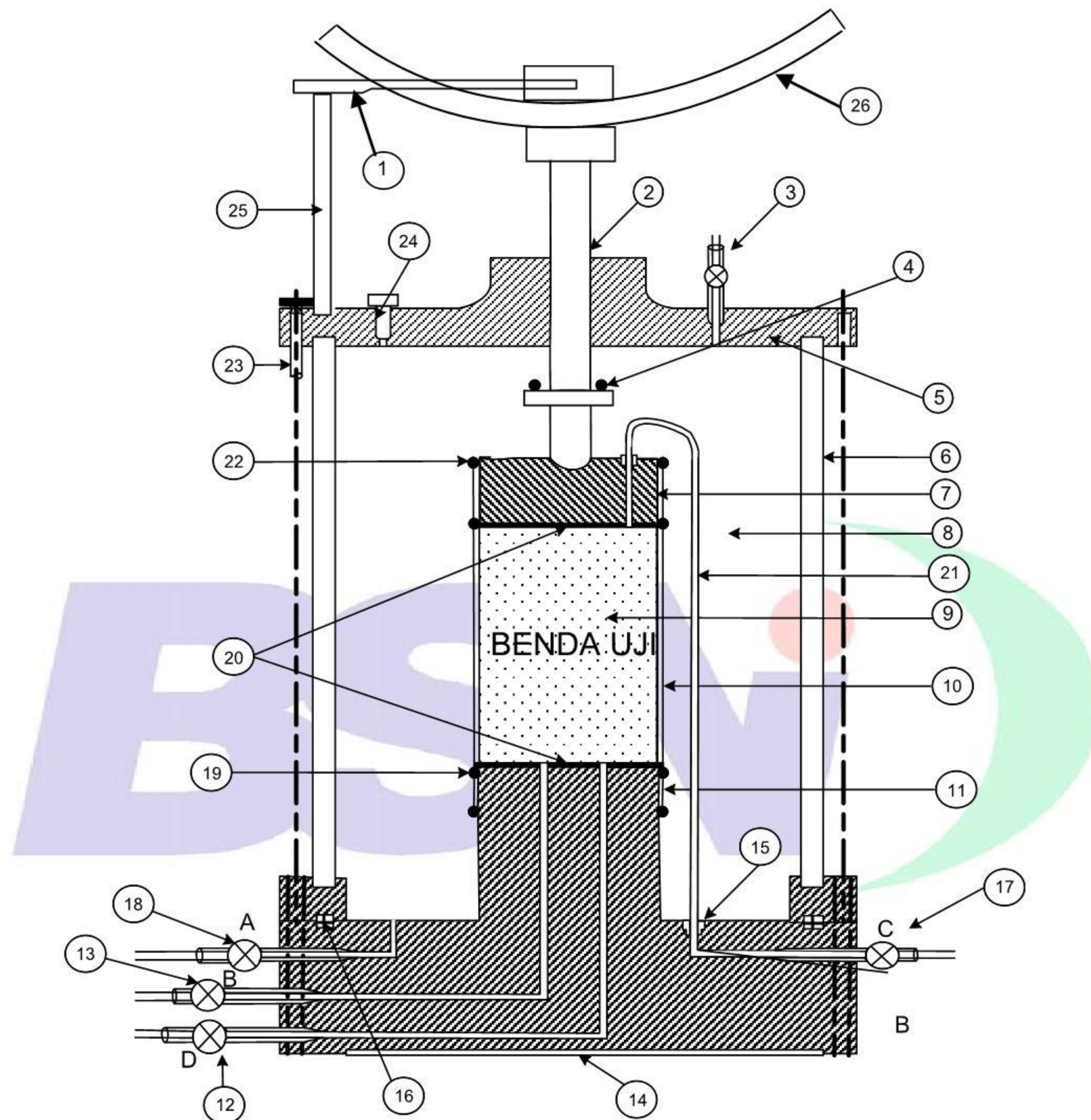
Catatan

Bo = 146,28 gr
 γ_n = 18,3 kN/m³
 Kao = 36,42 %

Tanda tangan pemeriksa:

Penanggung jawab :

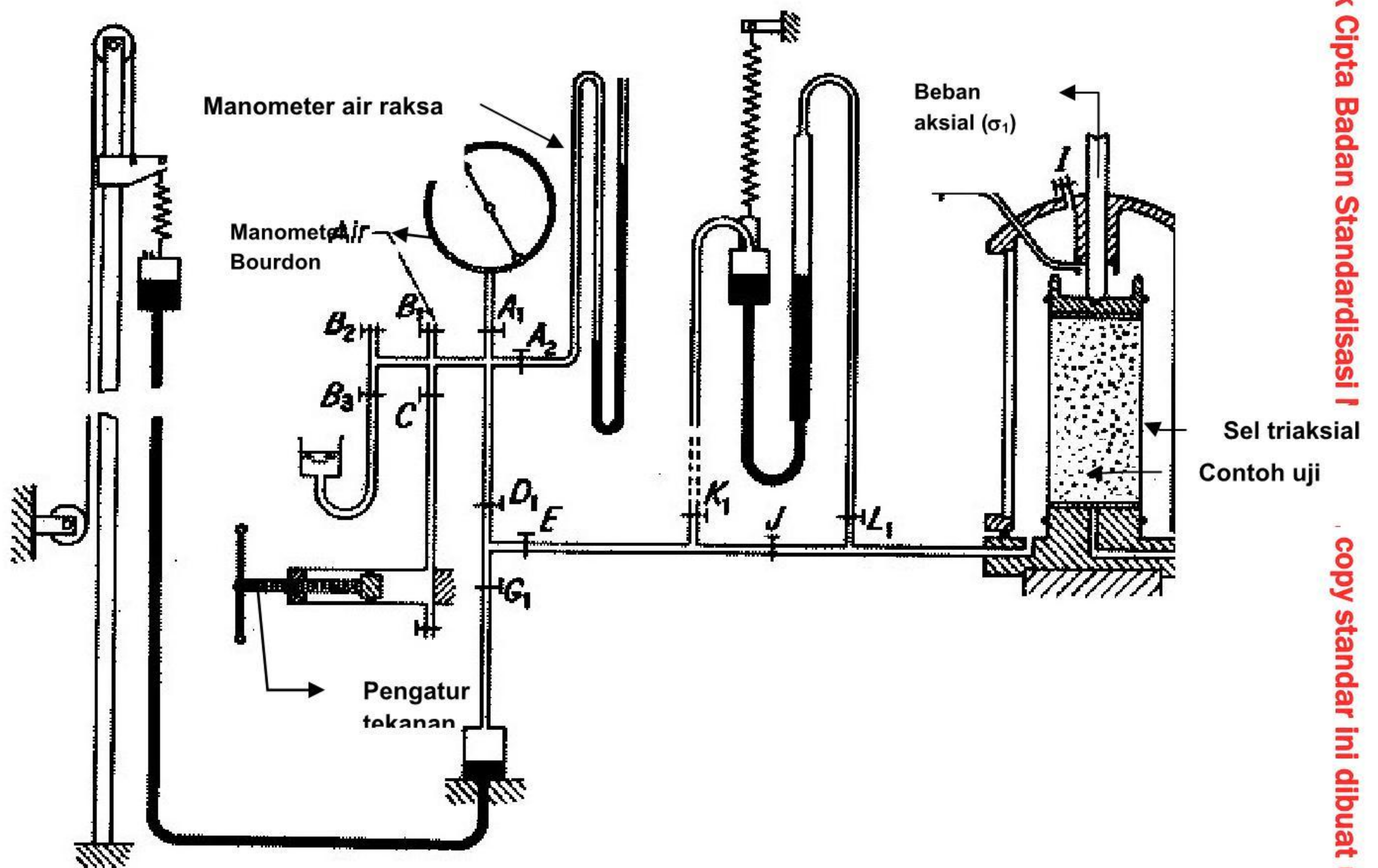
**Lampiran C
(informatif)
Gambar sel triaksial dan skema tata letak peralatan**



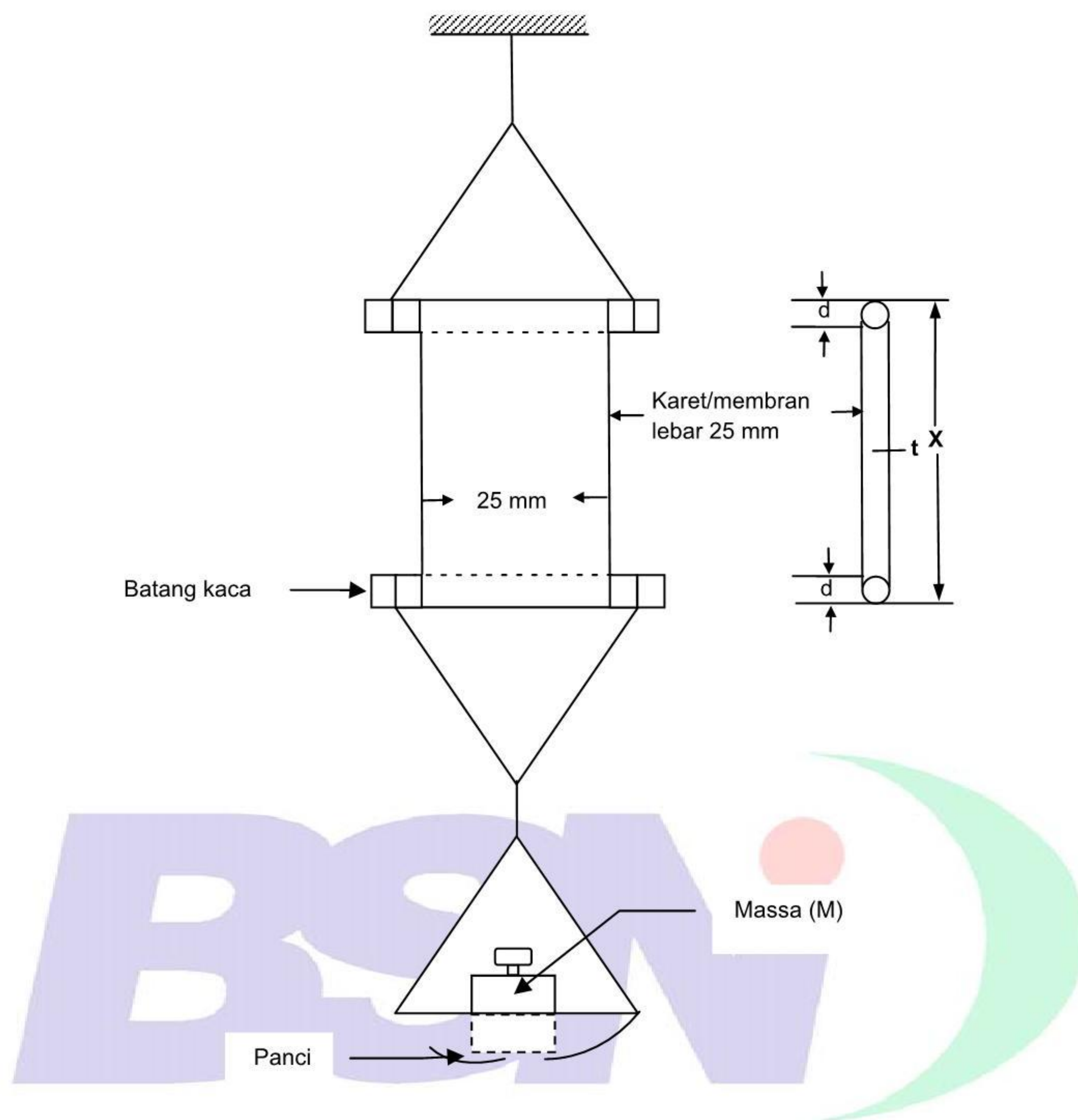
Keterangan:

- | | |
|--|--|
| 1. Lengan penahan piston | 14. Alas sel triaksial |
| 2. Piston | 15. Ring perapat |
| 3. Katup pengisi oli | 16. Karet penyekat ("O ring seal") |
| 4. Penahan piston | 17. C = Katup pengatur tekanan balik air pengeluaran |
| 5. Penutup sel | 18. A = Katup pengatur tekanan sel |
| 6. Silinder tembus pandang | 19. Karet ("O ring") |
| 7. Penutup benda uji | 20. Batu pori |
| 8. Air pengujian dalam sel | 21. Selang saluran tekanan balik |
| 9. Benda uji | 22. Karet ("O ring") |
| 10. Membran karet | 23. Batang penguat |
| 11. Alas benda uji | 24. Penutup pengeluar udara/air |
| 12. D = Katup pengatur tekanan air pemasukan | 25. Dudukan lengan penahan piston |
| 13. B = Katup pengatur tekanan air pori | 26. Proving ring untuk pembebanan aksial |

Gambar C.1 - Contoh sel triaksial



Gambar C.2 - Konfigurasi peralatan triaksial tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU)



Gambar C.3 - Skema pengukuran modulus dari karet/membran

Contoh perhitungan :

- $d = 10 \text{ mm}$
- $t = 0,22 \text{ mm}$
- massa (M) = $0,25 \text{ kg}$
- x' (akhir) = $62,4 \text{ mm}$
- $D = 38 \text{ mm}$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Panjang awal rata-rata membran} &= 2 (53,7 - 10 - 0,5) + \pi (10 + 0,25) \\ &= 118,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang akhir rata-rata membran} &= 2 (62,4 - 10,5) + 32,2 \\ &= 136,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perpanjangan} &= 136,0 - 118,6 \\ &= 17,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Regangan, } \varepsilon &= \frac{17,4}{118,6} \times 100\% &&= 14,7\% \\ F &= \frac{0,25 \times 9,8}{50} &&= 0,049 \text{ N/mm} \\ \text{Modulus perpanjangan, } E_m &= \frac{0,049}{0,147} &&= 0,334 \text{ N/mm} \\ \text{Koreksi, } \sigma_r &= \frac{4 \times 0,334 \times 0,147 (1 - 0,147)}{38} &&= 4,4 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$



Bibliografi

ASTM D 2850-87, Standard Method for Unconsolidated Undrained Compressive Strength of Cohesive Soil in Triaksial Compression.

Pd T-03.1-2005-A, Penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air Volume 1. Penyusunan program penyelidikan, metode pengeboran dan deskripsi log bor.

Pd T-03.2-2005-A, Penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air volume 2. Pengujian lapangan dan laboratorium

Pd T-03.3-2005-A, Penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air Volume 3. Interpretasi hasil uji dan penyusunan laporan penyelidikan geoteknik

